

Recettes de Prédimensionnement en matière de drainage des talus instables dans le Cadre d'une Mission G12 ou G52

Jamal Benbouziyane⁽¹⁾ Ing., M. Sc. A., Ph. D et **Tayeb El Karidi**⁽²⁾ Ing.

I- INTRODUCTION

Face à un problème d'instabilité de pente, deux possibilités se présentent. La première consiste à s'affranchir des mouvements du glissement sans les empêcher en déplaçant l'ouvrage endommagé en dehors de la zone en mouvement. La deuxième solution couramment employée, consiste à stabiliser le versant par l'emploi de diverses techniques. L'ordre dans lequel elles doivent être envisagées est : terrassement, drainage et puis renforcement. Le drainage reste cependant la technique la plus réaliste en matière de confortation, surtout que l'eau, dans 80% des cas, arrive en tête de liste des causes de l'instabilité des talus.

Pour éviter des préjudices à la fonctionnalité des ouvrages sur pente, les meneurs de projets sont appelés à exiger au niveau de la mission géotechnique "Etude de Faisabilité", des conceptions « expéditives » qui seraient figiolées par la suite, si retenues, au niveau de la mission "Etude de Projet". Les bureaux d'études et laboratoires répondants à cette prestation, sont alors amenés à user de certaines "règles de premier jet", qui permettent d'éclairer les donneurs d'ordre, entre autres, sur la taille des enveloppes à allouer.

Dans le cas d'un sinistre d'instabilité de pente déjà déclaré, une analyse pathologique s'impose dans le cadre d'une mission géotechnique " Diagnostic Géotechnique", qui appellerait elle-même à une étude de projet par la suite. Avant d'en arriver là, l'on a recours à des études préliminaires qui établiraient la feuille de route pour un projet de confortement de ladite instabilité. Le besoin de "recettes pour esquisses" se ferait vivement ressentir par les intervenants au stade préliminaire d'une telle action gouvernée.

L'objectif de cette communication se veut une contribution à répondre à ce besoin de dresser des ébauches de conception dans le cas des systèmes de drainage pour conforter les pentes déjà sujettes à une instabilité, ou pour faire éviter celle-ci lorsque des projets sont prévues sur des zones en déclivité. L'importance de ces ébauches réside dans l'intérêt qu'elles offrent aux maitres d'œuvre dans leurs prises de décision.

II- DRAINAGE

L'eau joue un rôle moteur déterminant dans les phénomènes de glissements. Aussi utilise-t-on couramment les techniques de drainage, qui ont pour but de réduire les pressions interstitielles, au niveau de la surface de rupture. C'est donc en termes de diminution de pression interstitielle, et non de débit d'exhaure, qu'il faut évaluer l'efficacité d'un dispositif de drainage. Il est intéressant de noter aussi qu'une diminution de l'efficacité d'un système de drains ne se traduit pas nécessairement par une baisse du débit, mais qu'il faut plutôt comparer l'évolution des débits avec les niveaux de

(1) Professeur à l'EHTP - Casablanca

(2) Président du laboratoire S2G- Mohammedia

nappe et la pluviométrie [4]. Les différentes techniques qui peuvent être mises en œuvre pour atteindre cet objectif relèvent de deux options fondamentales :

- éviter l'alimentation en eau du site,
- expulser l'eau présente dans le massif instable.

Le dimensionnement et l'efficacité d'un système de drainage dépendent des éléments suivants :

- la nature et l'hétérogénéité des terrains,
- la géométrie des couches aquifères,
- la perméabilité et l'anisotropie des sols,
- les alimentations et les exutoires.

Compte tenu des difficultés pour déterminer ces points, le dimensionnement d'un système de drainage est fait en demandant un coefficient de sécurité relativement plus élevé que pour d'autres techniques (terrassements, renforcement).

II-1 Collecte et canalisation des eaux de surface

Cette technique a pour objectif de limiter les infiltrations dans le massif en mouvement. Les eaux peuvent provenir de sources, d'un défaut d'étanchéité sur un réseau d'adduction d'eau sur un bassin de stockage à l'amont, ou plus simplement de l'impluvium et des eaux de ruissellement. En effet, les eaux de surface ont tendance à s'infiltrer dans les fissures, à stagner dans les zones de faible pente et aggravent ainsi une instabilité amorcée. Aussi les ouvrages de collecte des eaux (fossés, caniveaux, cunettes) doivent être réalisés de première urgence dans de nombreux cas de glissements.

En considérant un coefficient de ruissellement c , on sous-entend, comme première approximation, que $(1-c)100\%$ de l'eau de pluie qui tombe sur un bassin versant s'infiltré.

D'un autre côté, la quantité d'eau maximale qui peut s'infiltrer sur un bassin versant est donnée par :

$$q_{\max} = k_{\text{sat}} S$$

$q_{\max}$: maximum de débit ou quantité d'eau qui s'infiltré, k_{sat} : perméabilité du sol saturé, S : surface offerte à l'infiltration comptée perpendiculairement aux lignes d'eau infiltrées [3].

Cette relation n'est autre que la loi de DARCY, mais en considérant un gradient hydraulique égale à l'unité. En effet, ce gradient étant égal au sinus de l'angle d'inclinaison de la surface d'eau ($i = \sin \alpha$) par rapport à l'horizontale pour un écoulement à surface libre, prendrait la valeur de 1, si l'écoulement en question est vertical et perpendiculaire à la section du milieu poreux ($i = \sin 90^\circ = 1$).

La considération de la pluviométrie de la zone étudiée, courbes IDF sous la main (Intensités-Durées-Fréquences), permettrait d'approximer le débit de ruissellement à accueillir par le système de drainage superficiel, et de là, de prédimensionner celui-ci.

II-2 Tranchées drainantes

La tranchée drainante (figure-1-) a pour but de rabattre le niveau de la nappe, donc de diminuer les pressions interstitielles. Elle est disposée sur le site de façon à venir recouper les filets d'eau.

En coupe, elle est constituée de matériau drainant et d'un drain collecteur (Φ 100 mm par exemple) en PVC ou en béton perforé. L'adjonction d'un géotextile tapissant les parois permet d'éviter la contamination du matériau drainant, donc d'assurer la pérennité de l'ouvrage.

Ses caractéristiques géométriques sont limitées par celles des engins de terrassement (pelles hydrauliques) et par les conditions de stabilité à court terme des parois verticales. On admet généralement une profondeur maximale de l'ordre de 4 à 5 m (au-delà il faut mettre en place un blindage important) et une largeur de 0.75 à 1 m.

La tranchée drainante a l'avantage de convenir aux talus de grande hauteur ($H > 10$ m), puisqu'on peut en réaliser un nombre a priori quelconque en parallèle (figure-2-). L'espacement dans les terrains argileux par exemple est de 10 à 20 mètres. Ses inconvénients sont :

- son exécution peut mettre en péril la stabilité précaire du site ;
- l'amorce des glissements risquent de créer des points bas dans la continuité des tranchées, qui peuvent devenir des points d'alimentation en eau du sol et empirer par la suite le glissement déclaré ;
- elle risque de se colmater si le matériau drainant n'est pas de bonne qualité. Un système de drainage qui ne joue plus son rôle peut avoir des conséquences importantes, voire dramatiques, ayant donné une sécurité qui brusquement s'évanouit [2].

Dans le cadre d'une mission G12, et pour les besoins d'un prédimensionnement, on peut avoir recours au calcul approximatif suivant [3]:

Un drainage induirait dans la masse en mouvement une force stabilisatrice de l'ordre de :

$$E_r = S \cdot \gamma_w \cdot \tan \Phi',$$

avec S surface de la section drainée dans le plan du cavalier analysé et Φ' l'angle de frottement interne du sol drainé.

D'un autre côté, le drainage diminuerait la force motrice de :

$$E_m = S \cdot \gamma_w \cdot \sin \alpha,$$

puisque la force d'écoulement par unité de volume est $f_e = \gamma_w \cdot i$, avec $i = \sin \alpha$ pour un écoulement à surface libre, α étant la pente moyenne de la courbe de glissement supposée parallèle à la surface libre moyenne de l'écoulement.

Avant drainage, le coefficient de sécurité peut s'écrire :

$$F_s = E_{\text{résist}} / E_{\text{mot}}$$

Avec le drainage projeté, il deviendrait :

$$F_s = (E_{\text{résist}} + E_r) / (E_{\text{mot}} - E_m)$$

Les effets induits par le drainage, E_r et E_m , étant proportionnels à la section S , la marge de sécurité recherchée permet de décider de S , et de là, des profondeurs des tranchées et de leur espacement ($\approx$ deux fois la profondeur).

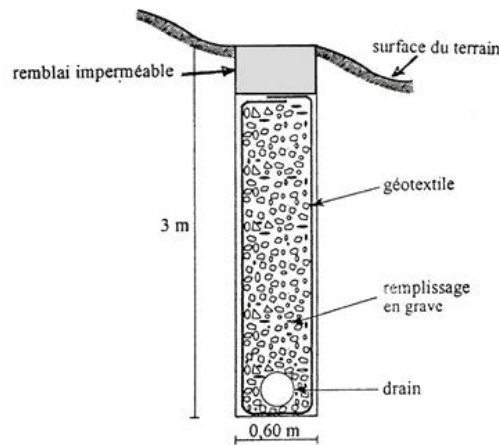


Figure-1- Coupe type d'une tranchée drainante

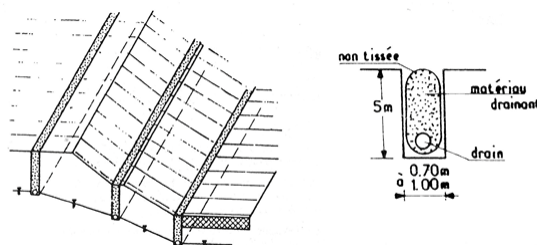


Figure-2- Tranchées drainantes longitudinales

II-3 Masques drainants

Le masque drainant est un volume de matériau drainant, en parement de talus, qui n'est pas soumis aux pressions interstitielles. Il peut être, soit intégré au profil du talus - ce qui est le cas le plus fréquent- soit hors profil- ce qui est le cas en particulier lorsqu'on conforte un glissement par rechargement en pied (figure-3-). Cette technique s'adapte surtout aux talus de déblai. A retenir que la différence hydraulique entre les deux variantes de masque, est que la variante intégrée rabat la nappe, et pas la variante hors profil [4].

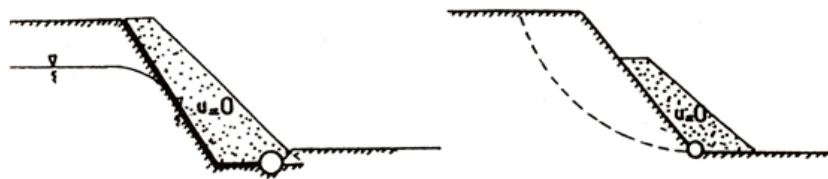


Figure-3- Coupes de masques drainants

Pour être efficace ($\Delta F_s / F_s > 30\%$), le masque doit avoir une largeur moyenne supérieure à la moitié de la hauteur du talus.

D'un point de vue pratique, le masque peut être, soit entièrement en matériau drainant (20-250 mm par exemple), soit en matériau moins noble, à condition qu'il soit, d'une part autostable sans pressions interstitielles et que, d'autre part, l'eau soit drainée à l'amont par un filtre (soit en matériau drainant, soit en géotextile).

Pour les deux variantes de masque, le dimensionnement revient à assurer la marge de sécurité nécessaire, en menant une analyse de stabilité du déblai masqué, en supposant une convergence de la surface libre de la nappe sur la jonction ; dans le cas d'un "hors profil", la surface de suintement initiale est donc maintenue à sa position.

L'avantage du masque drainant est que son efficacité est généralement très bonne s'il est bien dimensionné, et qu'elle est pérenne.

II-4 Eperons drainants

La solution " éperons drainants " consiste à faire des saignées perpendiculaires à l'axe du talus et remplies de matériau drainant. Le matériau concassé ou l'anguleux est préférable au matériau roulé (figure-4-). Ils permettent notamment le drainage de zones de suintement.

Pour être efficaces, ces éperons doivent entamer très profondément le talus et ne pas être trop espacés (4 à 10 mètres). L'inclinaison de l'éperon à l'air ne doit dépasser $\frac{1}{2}$ du Φ de son matériau.

L'avantage d'un tel système est de pouvoir être réalisé sans mettre en cause la stabilité du talus et de limiter en extension d'éventuels désordres. Le matériau de remplissage permet, en plus,

d'améliorer les caractéristiques mécaniques du sol vis-à-vis du cisaillement. De là, les éperons drainants sont préférés aux tranchées drainantes [4].

Cependant, lorsque la perméabilité du terrain à drainer est inférieure à 10^{-6} m/s, on risque d'avoir un manque d'interaction entre les éperons (effet d'appel). Dans une telle situation, on tendra vers les masques [3].

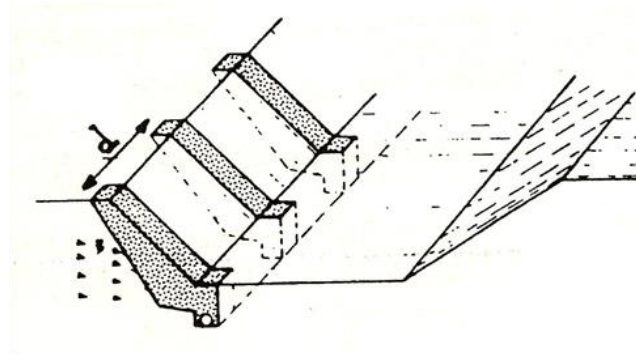


Figure-4- Schéma d'éperons drainants

Une idée de la valeur du débit qui transite par mètre linéaire dans la pente est donnée par [3]:

$$Q = k_{sat} * i * H \text{ (H : hauteur de l'aquifère)}$$

L'espacement entre éperons se raisonne comme celui d'une série de puits équivalents. Cette hypothèse est d'autant plus acceptable que la profondeur en tête est importante et compatible avec la stabilité de la fouille pour avoir l'effet puits le plus affirmé.

Dans le cadre d'une mission G12, on pourrait, par exemple, figer un espacement et imposer un rabattement, qui est plus ou moins la hauteur de l'éperon puisque, généralement, celui-ci est supposé repousser la surface d'un suintement vers le bas. Un puits équivalent se déduit alors du débit censé transiter dans chaque éperon (Hypothèse de Dupuit pour une alimentation linéaire unique [1]). Avec les données : rabattement entre puits équivalents, nature du sol, distance à la source d'alimentation, on est supposé pouvoir déduire l'espacement correspondant (formule de Schneebeli [1]), à comparer à celui supposé au départ, et qui doit être du même ordre de grandeur. Puisque l'éperon est incliné de $\frac{1}{2} \Phi$, sa longueur se déduit alors de sa hauteur, laquelle est plus ou moins assimilée au rabattement. Un tel prédimensionnement est à affiner au niveau de la mission G22.

III- CONCLUSION

Pour les systèmes de drainage les plus courants en matière de confortation des pentes, sont données quelques recettes de prédimensionnement pour les besoins d'une mission G12, lorsque le projet en question est prévu sur une zone en pente pour améliorer la sécurité vis-à-vis des problèmes de glissement, ou une mission G52, dans le cas d'une pente déjà sujettes à une instabilité déclarée. Ces recettes seraient de valeur chaque fois qu'un besoin de dresser des ébauches de conception se ferait sentir. L'importance de ces ébauches réside dans l'éclairage projeté aux aménageurs sur les phases avancées des études de confortement des pentes déjà instables ou potentiellement instables.

Références :

[1] HYDRAULIQUE DES SOLS, 1968, Compte-rendu des journées d'Hydraulique des Sols, Bulletin de liaison des laboratoires routiers, Paris.

[2] BENBOUZIYANE J. et HIMMI M. , 1995, Suivi d'un Versant Instable dans le Rif, proceedings du séminaire international « Glissement de Terrains- Cas du Nord Marocain » , Ecole Hassania des Travaux Publics, Casablanca.

[3] FAURE R.M. , GRESS J.C. , JANATI I. A. et BENBOUZIYANE J. , 1998, Drainage des Sols et des Chaussées , Compte- rendu des Séminaires de l'Ecole Hassania des Travaux Publics, Casablanca.

[4] BENBOUZIYANE J., 2008, Géotechnique des Pentes, Manuel du Géotechnicien Marocain, MGM 02, Editions ANA ENGINEERING, 62p.